상하수도 누수방지를 위한 관 연결부 누수탐지방법 개선

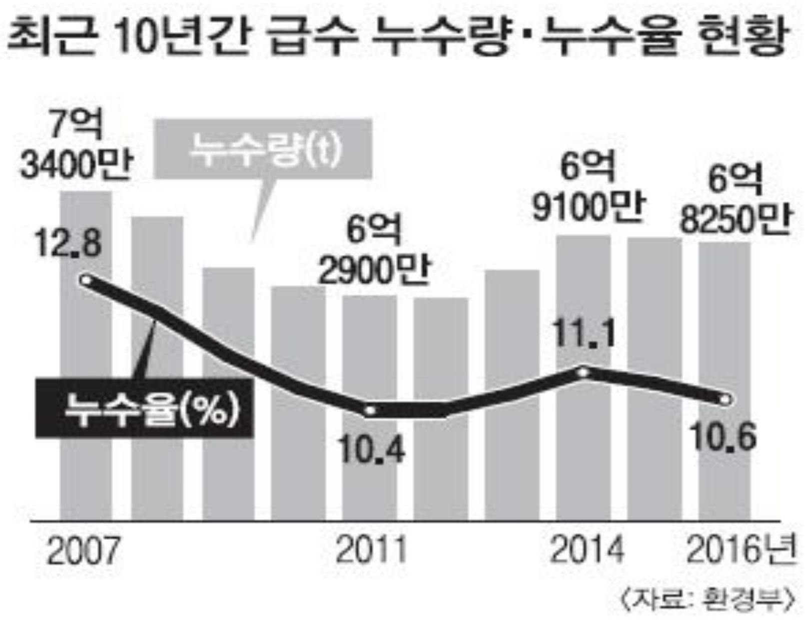
3조. 박상용, 강인, 유인선, 이진민, 김경선, 이현기

개요

기존 상하수도관 누수탐지 방법에 대해 한계

- 항상 사고가 난 뒤 수도관 교체 및 수리.
- 사전예방이 아닌 사후조치 방식의 문제.
  - ➢ 계획도시의 수명이 많이 남은 상하수도관의 연속적 사고
  - ➢ 누수탐지 시 전문인력, 높은 인건비 필요
  - ➢ 상하수도관의 유지보수 효율 저조

뉴스1. 2018년 백석역 온수관 파열사고



환경부. 연간 누수 손실액

문제점을 보완한 누수탐지방법

- 상하수도관에 수소가스 주입
- 상하수도관 틈을 통한 수소가스 노출 → 상하수도관 누수 인지
- 일반 시민도 알아차릴 수 있는 시각적 경고 표시
- 수소의 농도를 구하기 위해 Fick's law을 이용

실험 방법

Fick's second law

$$\frac{dC}{dt} = \frac{dC}{dX}(D\frac{dC}{dX})$$

- 확산계수 계산(변수)

$$D = D_0(\frac{T}{T_0})^{\alpha}\frac{P_0}{P}$$

$$\alpha = 1.75$$

- 수소가스와 만나면 색깔이 변하는 수소감지페인트 사용
  - ➢ 수소가 누출되지 않을 때에는 아이보리 색
  - ➢ 수고 누출 시 1분 이내에 검정색으로 변색
  - ➢ 페인트는 무독성, 높은 점착력
  - ➢ 가스 누출 포인트 육안으로 확인 가능

- 차도 중앙선에 일정간격 수소감지페인트 사용

수소페인트 반응 전

수소페인트 반응 후

경제적 효과

안양시 기준	청음식 누수탐지	수소감지페인트 사용
2000km 탐지	10억원	4억원
수도관의 평균 접합부 길이	20m	
간격당 표시	20m 간격당 1m 페인트 표시	
페인트 두께	1mm	

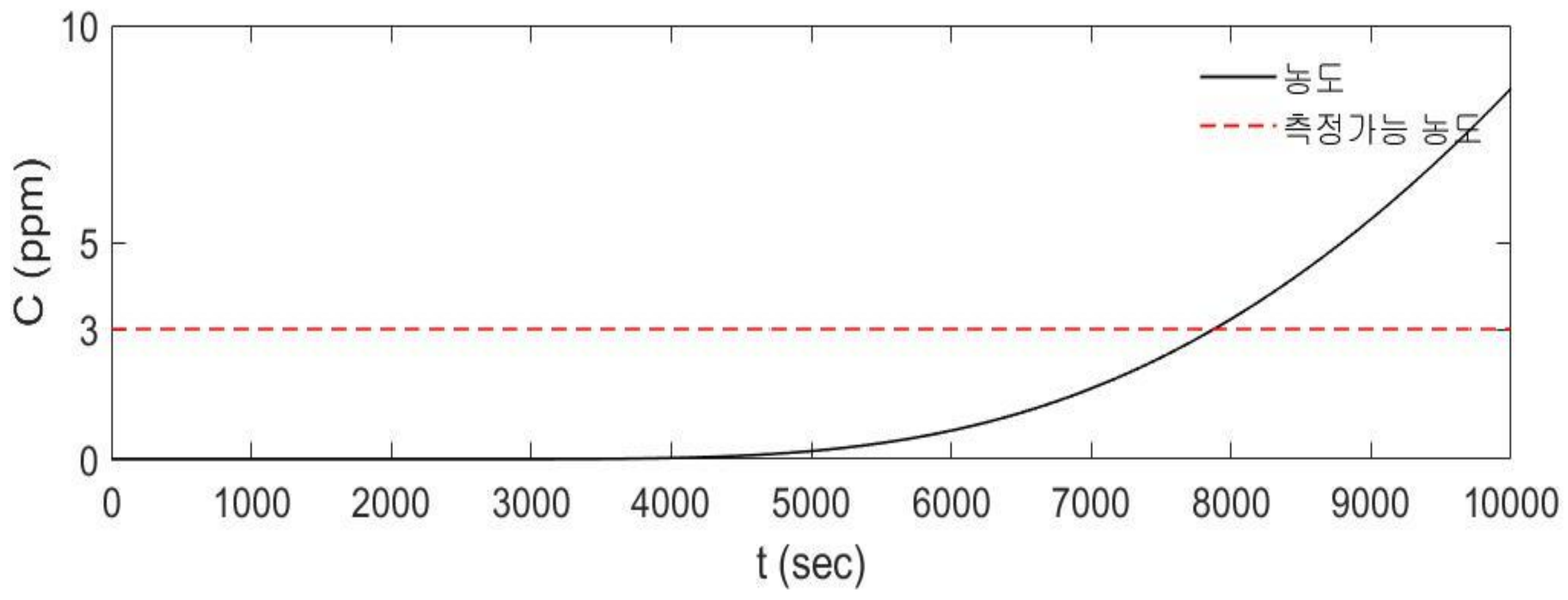
실험 결과

이론 실험

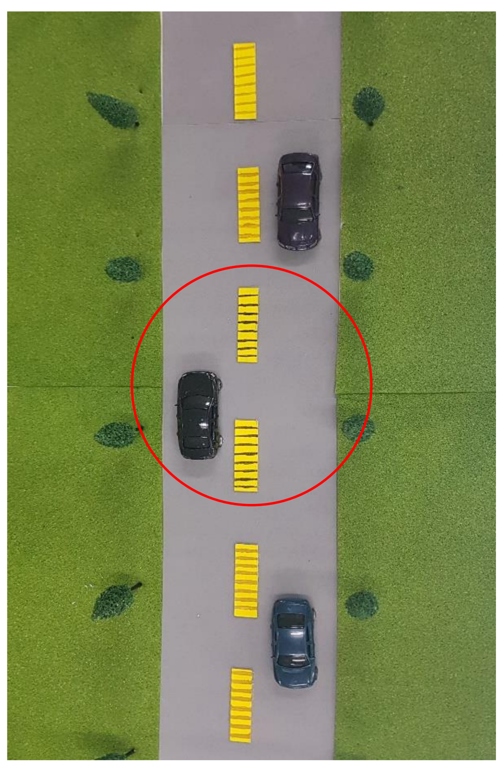
- 관의 직경 300mm
- 상수도관 내부 온도 20℃
- 관 면적의 90% 물, 3% 수소
- 관의 크랙 발생 시 지하 1.5m 깊이의 상수도관에서 수소 분출
- 지상으로 표출 뒤 지표에 설치된 페인트와 반응.
- 수소감지 페인트가 수소를 감지하기 위한 최소농도 3ppm

관내의 단위부피($1m^3$) 당
공기 $8.13 \times 10^3 mg/m^3$ 수소 $8.68 mg/m^3$
관내 공기 중 수소 농도 1067ppm

- Fick's second law $\frac{dC}{dt} = \frac{dC}{dX}(D\frac{dC}{dX})$
- 조건을 고려한 확산계수 $0.16 cm^2/s$
- $C(x,t) = C_0\left(1 - \mathrm{erf}\left(\frac{x}{\sqrt{4Dt}}\right)\right)$ 에 적용하여 그래프로 가시화



크랙으로부터 분출된 수소가 지표에 다다르는 시간 :2HR



실험모형 및 모의결과

기대효과

- 페인트를 사용하여 타 기술보다 저렴한 비용으로 감지 가능
- 광범위한 지역 효율적으로 탐지 가능
- 누수 발생시 즉시 누수 감지 가능
- 안전성 – 수소의 가연 가능 농도: 5ppm보다 작은 3ppm 유지
- 효율적인 시각적 효과로 인한 일반 시민들의 적극적 신고효과 기대

결론

- 다양한 실험 결과 수소가스를 이용한 상하수도관 누수탐지는 가능
- 기존 고가의 탐지 장비, 전문인력을 필요로 한 작업이었다면 손쉽고 누구나 알 수 있는 누수탐지방법
- Fick's law을 이용했을 때 상하수도관 누수로 인한 수소가스 검출시간은 약 2시간

서울시립대학교 UNIVERSITY OF SEOUL